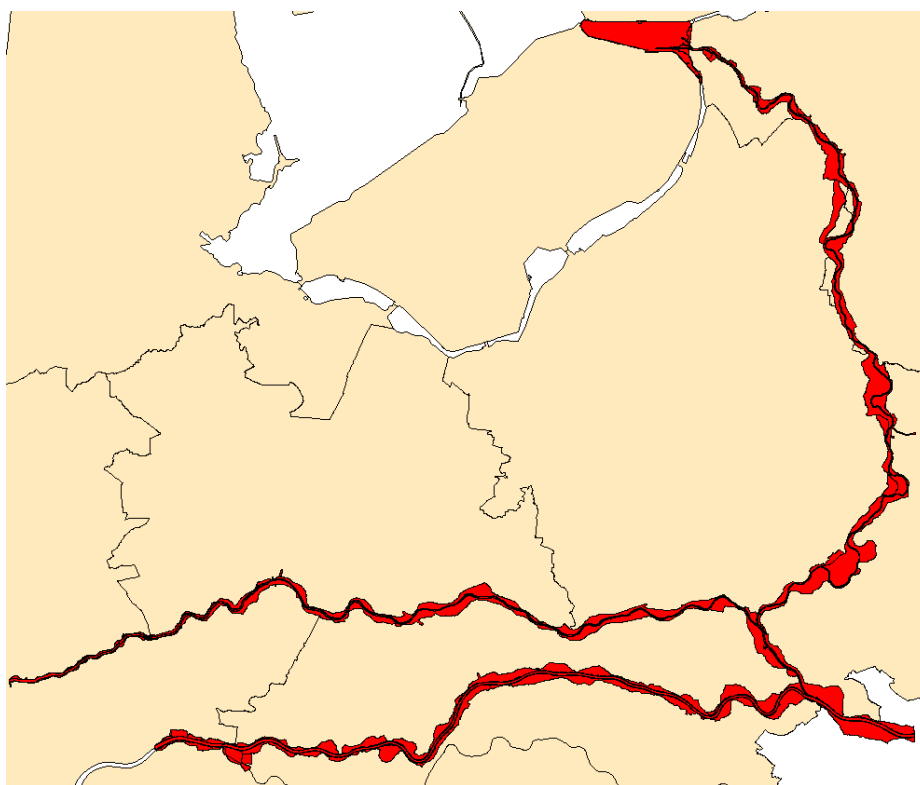




SOFTWARE

2019:

Baseline 5.3.3
ArcGIS 10.3.1
SIMONA 2017 – patch 4 (Linux, 64 bits, double precision),
SOBEK 3.7.16

2018:

Baseline 5.3.3
ArcGIS 10.3.1
SIMONA 2017 – patch 2 (Windows 7, 64 bits, double precision),
SOBEK 3.7.9 en SOBEK 3.7.13

2017:

Baseline 5.3.1
ArcGIS 10.1
SIMONA 2016 – patch 5 (Linux, 64 bits, double precision),
SOBEK 3.6.6

2016:

Baseline 5.3
ArcGIS 10.1
SIMONA 2015 – patch 8 (Linux, 64 bits, double precision),
SOBEK 3.4.1

2015:

Baseline 5.2.4
ArcGIS 10.1
SIMONA 2014 – patch 10 (Windows 7, 64 bits, double precision),
SOBEK 3.3.1

2014:

Baseline 5.2.2.870
ArcGIS 9.3
SIMONA 2013- patch 10 (Windows 7, 64 bits, double precision)
SOBEK 3.2.3.26954

	deelmodellen Baseline 5.2.1.658 SIMONA 2012- patch 22 (Linux, 64 bits, single precision)
2013:	Baseline 5.2.1.658 SIMONA 2012- patch 19 (Windows, 64 bits, single precision)
2012:	Baseline 5.2.1 SIMONA 2011- patch 8 (Linux, 32 bits, single precision)
RELEASES	
2019	baseline-rijn-j19_5-v1, waqua-rijn-j19_5-v1 sobek-rijn-j19_5-v1
2018	baseline-rijn-j18_5-v1, waqua-rijn-j18_5-v1 sobek-rijn-j17_5-v2, sobek-rijn-j17_5-v3 baseline-rijn-beno18_5-v1, waqua-rijn-beno18_5-v1 deelmodellen 1) waqua-rijn-beno18_5_20m_splp-v1 2) waqua-rijn-beno18_5_20m_waal-v1 3) waqua-rijn-beno18_5_20m_ijssel-v1 4) waqua-rijn-beno18_5_20m_nrlk-v1
2017	baseline-rijn-j17_5-v1, waqua-rijn-j17_5-v1, sobek-rijn-j17_5-v1
2016	sobek-rijn-j93_5-v4, sobek-rijn-j95_5-v4, sobek-rijn-j11_5-v3 sobek-rijn-j13_5-v4, sobek-rijn-j15_5-v2 baseline-rijn-j16_5-v1, waqua-rijn-j16_5-v1, sobek-rijn-j16_5-v1 baseline-rijn-beno15_5-v2, waqua-rijn-beno15_5-v2 deelmodellen 1) waqua-rijn-beno15_5_20m_splp-v2 2) waqua-rijn-beno15_5_20m_waal-v2 3) waqua-rijn-beno15_5_20m_ijssel-v2 4) waqua-rijn-beno15_5_20m_nrlk-v2
2015	baseline-rijn-j15_5-v1, waqua-rijn-j15_5-v1, sobek-rijn-j15_5-v1 baseline-rijn-beno15_5-v1, waqua-rijn-beno15_5-v1 deelmodellen 1) waqua-rijn-beno15_5_20m_splp-v1 2) waqua-rijn-beno15_5_20m_waal-v1 3) waqua-rijn-beno15_5_20m_ijssel-v1 4) waqua-rijn-beno15_5_20m_nrlk-v1
2014	sobek-rijn-j93_5-v3 (via baseline-rijn-j93_5-v1, waqua-rijn-j93_5-v1) sobek-rijn-j95_5-v3 (via baseline-rijn-j95_5-v1, waqua-rijn-j95_5-v1) sobek-rijn-j11_5-v2 (via baseline-rijn-j11_5-v2, waqua-rijn-j11_5-v2) sobek-rijn-j13_5-v3 (via baseline-rijn-j13_5-v1, waqua-rijn-j13_5-v1) baseline-rijn-j11_5-v2, waqua-rijn-j11_5-v2 baseline-rijn-j14_5-v1, waqua-rijn-j14_5-v1 baseline-rijn-beno14_5-v1, waqua-rijn-beno14_5-v1 baseline-rijn-beno14_5-v2, waqua-rijn-beno14_5-v2

baseline-rijn-beno14_5-v3, waqua-rijn-beno14_5-v3

baseline-rijn-hr2017_5-v1, waqua-rijn-hr2017_5-v1
baseline-rijn-hr2017_5-v2, waqua-rijn-hr2017_5-v2

deelmodellen

- 1) waqua-rijn-beno13_5_20m_splp-v1
- 2) waqua-rijn-beno13_5_20m_waal-v1
- 3) waqua-rijn-beno13_5_20m_ijssel-v1
- 4) waqua-rijn-beno13_5_20m_nrlk-v1

2013

baseline-rijn-j13_5-v1, waqua-rijn-j13_5-v1
baseline-rijn-beno13_5-v1, waqua-rijn-beno13_5-v1
baseline-rijn-benob13_5-v1, waqua-rijn-benob13_5-v1

2012

baseline-rijn-j93_5-v1, waqua-rijn-j93_5-v1
baseline-rijn-j95_5-v1, waqua-rijn-j95_5-v1
baseline-rijn-j12_5-v1, waqua-rijn-j12_5-v1
baseline-rijn-beno12_5-v1, waqua-rijn-beno12_5-v1
baseline-rijn-benob12_5-v1, waqua-rijn-benob12_5-v1
baseline-rijn-dmref12_5-v1, waqua-rijn-dmref12_5-v1 (rev. 586)

BASELINE

geografische ligging

Het beschreven gebied loopt van de brug bij Emmerich km 853.2, net over de grens met Duitsland, tot Hardinxveld op de Boven-Merwede km 961, tot Krimpen aan de Lek op de Lek km 988.8 en tot aan de Ketelbrug (grens tussen het Ketelmeer en IJsselmeer). Het gebied wordt weergegeven in het Rijks-Driehoeks coördinatenstelsel en het referentievlak is ten opzichte van Normaal Amsterdams Peil (NAP). De bandijk en hoge gronden vormen de grens van het model. In de IJsseldelta ligt de grens op de kade IJsselmuiden-Ramspol. De gebieden IJsselmeer, Zwarte Water, Zwarte Meer, Kampereiland en Overijsselsche Vecht zijn geen onderdeel van de Baseline-schematisatie, maar zitten wel in het rooster. De 5^e generatie Baseline-bomen worden telkens opgebouwd uit *baseline-rijn-j95_5-v1*. Vanaf het j19 model vindt de opbouw echter plaats vanuit de voorgaande Baseline-schematisatie.

j95_5

Het uitgangspunt voor alle modellen is de Baseline-schematisatie van het jaar 1995 (*baseline-rijn-j95_5-v1*). Deze schematisatie is door RWS-ON opgebouwd in Baseline 4 en door Deltares vertaald naar een Baseline 5-schematisatie. De schematisatie j95_5 is op vele tientallen locaties verbeterd ten opzichte van j95_4 (Beyer, 2012a; Becker, 2012).

Het model bevat de gecorrigeerde zomerbedbodem van 1995. Dat betekent dat de zomerbedbodem is afgeleid van singlebeam-metingen, waarvan, als correctie voor het verschil tussen de oude singlebeam- en de modernere multibeam-meetmethode, een constante waarde is afgetrokken (-15 cm). Deze bodem wordt beschouwd als multibeam bodem 1995. Merk op dat dit een andere correctiewijze is dan in TMR2006 is toegepast. Tevens zijn de zomerbedpeilingen opnieuw vergrid naar een grid van 5*5 meter. De winterbedruwheden zijn afkomstig van de herziene ecotopenkartering 1997 (ecotopen eerste cyclus, revisie 2010, versie 2.0), maar zijn lokaal aangepast aan de situatie in 1995. Na de kalibratie is de schematisatie lokaal nog aangepast (secties, stuwen).

j93_5

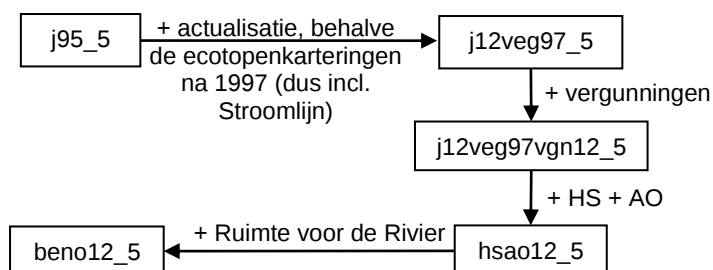
Om te komen tot een Baseline-schematisatie van het jaar 1993 (*baseline-rijn-j93_5-v1*) is de schematisatie van het jaar 1995, j95_5, als uitgangspunt gehanteerd. Hierop zijn, met behulp van Baseline-maatregelen, twee wijzigingen doorgevoerd: een wijziging van de zomerbedbodem naar 1993 en een wijziging van de bodem rondom de stuwen naar een vaste hoogte (zie maatregel_lijst_j95_5-j93_5).

j12_5

De j12_5 Baseline-schematisatie (*baseline-rijn-j12_5-v1*) is een kopie van j95_5 waarin 120 actualisatie maatregelen (maatregel_lijst_j95_5-j12_5) zijn opgenomen die de beschikbare veranderingen in het gebied tussen 1995 en 2012 beschrijven (RHDHV, 2012).

beno12_5 (= dmref12_5)

De beno12_5 Baseline schematisatie is gebaseerd op j95_5 schematisatie. Naast het actuele model moest een WAQUA-model gemaakt worden dat voor vergunningverlening gebruikt kan worden. Dit beno12_5 model wordt in vier stappen vanuit het j95_5 model (RHDHV, 2012) opgebouwd, waarbij gefaseerd de maatregelen behorend bij de actualisaties, vergunningen, Huidige Situatie (HS), Autonome Ontwikkelingen (AO) en Ruimte voor de Rivier (RvdR) worden ingemixt. De beno12_5 Baseline-schematisatie (*baseline-rijn-beno12_5-v1*) is uiteindelijk op de volgende manier opgebouwd uit j95_5:



Het model j95_5 is dus geactualiseerd naar de situatie 2012, met uitzondering van de ecotopenkarteringen na 1997 (aanneمة dat het project Stroomlijn is uitgevoerd). Vervolgens zijn reeds verleende vergunningen opgenomen. Daarna zijn één HS-maatregel Ruimte voor de Rivier op basis van pakkettoets 2012-I en tien AO-maatregelen RvdR (Ruimte voor de Rivier) op basis van dezelfde pakkettoets opgenomen (hsao12_5). Als laatste worden nog 38 RvdR-maatregelen opgenomen (volgens pakkettoets 2012-I) om tot de beno12_5 schematisatie te komen. Bij de HS en AO-maatregelen is een beoordeeld welke maatregelen uit de pakkettoets 2012-I opgenomen zijn.

dmref12_5 (revisie 586)

De dmref12_5 Baseline-schematisatie (*baseline-rijn-dmref12_5*) is identiek aan beno12_5-v1. Deze schematisatie dient als basis voor het referentiemodel van het Deltamodel.

benob12_5

De benob12_5 Baseline-schematisatie is een schematisatie waarin wel de vergunningen, maar nog geen Ruimte voor de Rivier- en Stroomlijn maatregelen zijn meegenomen. Deze benob12_5 Baseline schematisatie wordt opgebouwd door de Vergunningen-maatregelen op te nemen in de j12_5 schematisatie. De schematisatie is bedoeld voor de beoordeling van vergunningaanvragen voor de jaren dat Ruimte voor de Rivier nog niet is afgerond.

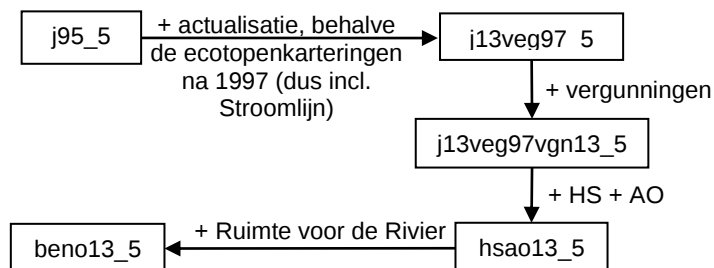
j13_5

De j13_5 Baseline-schematisatie (*baseline-rijn-j13_5-v1*) is een kopie van j95_5 waarin 162

actualisatiemaatregelen (maatregel_lijst_j95_5-j13_5) zijn opgenomen die de beschikbare veranderingen in het gebied tussen 1995 en 2013 beschrijven (RHDHV, 2013).

beno13_5

De beno13_5 Baseline-schematisatie (baseline-rijn-beno13_5-v1) is gebaseerd op j95_5 en op de volgende manier opgebouwd (RHDHV, 2013):



Het model is dus geactualiseerd naar de situatie 2013, met uitzondering van de ecotopenkarteringen na 1997 (aannahme dat het project Stroomlijn wordt uitgevoerd). Vervolgens zijn reeds verleende vergunningen opgenomen. Daarna zijn HSAO-maatregelen op basis van pakkettoets 2013-I meegenomen. Als laatste stap zijn Ruimte voor de Rivier maatregelen ingemixt. Voor beno13_5 worden in j95_5 in totaal 539 maatregelen ingemixt.

benob13_5

De benob13_5 Baseline-schematisatie is een schematisatie waarin wel de vergunningen, maar nog geen Ruimte voor de Rivier- en Stroomlijn maatregelen zijn meegenomen. Deze benob13_5 Baseline schematisatie wordt opgebouwd door de Vergunningen-maatregelen op te nemen in de j13_5 schematisatie. De schematisatie is bedoeld voor de beoordeling van vergunningaanvragen voor de jaren dat Ruimte voor de Rivier nog niet is afgerond.

j11_5

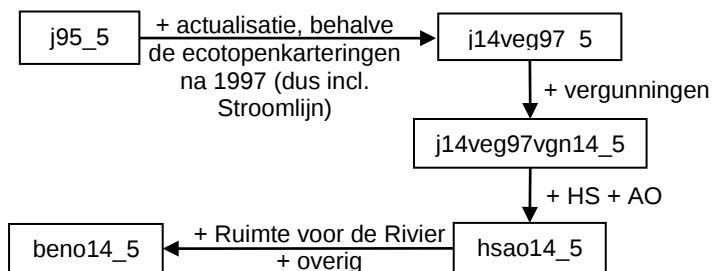
De j11_5 Baseline-schematisatie (baseline-rijn-j11_5-v2) is een kopie van j95_5 en daarna zijn er 188 maatregelen (maatregel_lijst-rijn-j95_5-v1_j11_5-v2) opgenomen die de veranderingen in het gebied tussen 1995 en 2011 beschrijven (De Jong en Visser, 2014). De maatregel_lijst is een selectie uit de lijst voor j14_5.

j14_5

De j14_5 Baseline-schematisatie (baseline-rijn-j14_5-v1) is een kopie van j95_5 waarin 207 actualisatie maatregelen (maatregel_lijst_j95_5-j14_5) zijn opgenomen die de beschikbare veranderingen in het gebied tussen 1995 en 2014 beschrijven (RHDHV, 2014).

beno14_5

De beno14_5 Baseline-schematisatie (baseline-rijn-beno14_5-v1) is gebaseerd op j95_5 en op de volgende manier opgebouwd (RHDHV, 2014):



Het model is dus geactualiseerd naar de situatie 2014, met uitzondering van de ecotopenkarteringen na 1997 (aannahme dat het project Stroomlijn wordt uitgevoerd). Vervolgens zijn reeds verleende vergunningen opgenomen. Daarna zijn HSAO-maatregelen op basis van pakkettoets 2014-I meegenomen en zijn de Ruimte voor de Rivier maatregelen ingemixt. Tenslotte zijn nog een aantal overige maatregelen opgenomen. Voor beno14_5 worden in j95_5 in totaal 615 maatregelen ingemixt.

In de v2-versie zijn de volgende wijzigingen doorgevoerd:

- correctiemaatregel op de RvdR maatregel "UiterwaardvergravingBolwerksplas, Worp en Ossenwaard"
- overname ruwheid van het Ketelmeer en Vossemeer uit het IJVD j98_5-v3 model

In de v3-versie is een aantal HR-uitvoerlocaties verbeterd en de onttrekking voor Bypass Kampen verplaatst. Ook zijn in de WAQUA-modellen de Qh-relaties bij Hardinxveld en Krimpen aan de Lek verder lineair doorgetrokken.

hr2017_5

baseline-rijn-hr2017_5-v1 is een exacte kopie van beno14_5-v2.

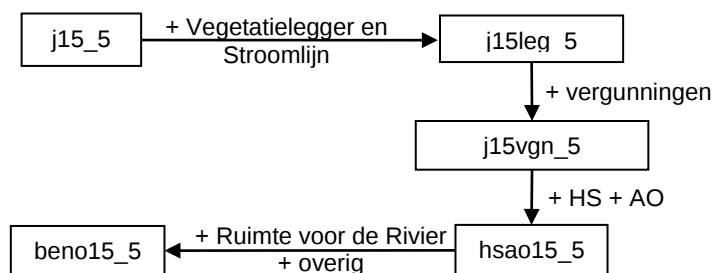
baseline-rijn-hr2017_5-v2 is een exacte kopie van beno14_5-v3. Dit model zal worden gebruikt in het kader van WT12017 ten behoeve van Hydraulische Randvoorwaarden 2017.

j15_5

De j15_5 Baseline-schematisatie (baseline-rijn-j15_5-v1) is een kopie van j95_5 waarin 256 actualisatie maatregelen (maatregel_lijst-rijn-j95_5-v1_j15_5-v1) zijn opgenomen die de beschikbare veranderingen in het gebied tussen 1995 en 2014 beschrijven. Tevens is een aantal RvdR-maatregelen opgenomen die naar verwachting eind 2015 of begin 2016 gereed zouden zijn. (Rura, 2015a). Dit is inclusief de nieuwe ecotopenkartering van 2012 met een resolutie van 5x5 meter.

beno15_5

De beno15_5 Baseline-schematisatie (baseline-rijn-beno15_5-v1) is gebaseerd op j15_5 en op de volgende manier opgebouwd (Rura, 2015b):



In het model zijn eerst de Vegetatielegger en Stroomlijn opgenomen. Vervolgens zijn reeds verleende vergunningen opgenomen. Daarna zijn HSAO-maatregelen op basis van pakkettoets 2015-I meegenomen en zijn de Ruimte voor de Rivier maatregelen ingemixt, voor zover nog niet aanwezig in j15_5. Tenslotte zijn nog een aantal overige maatregelen opgenomen. Voor beno15_5 worden in j15_5 in totaal 366 maatregelen ingemixt.

beno15_5 (v2)

De beno15_5-v2 Baseline-schematisatie (baseline-rijn-beno15_5-v2) is gebaseerd op beno15_5-v1 schematisatie. Hierin is echter de verlaging van de zomerkade naar Scherpekamp (voorkeursalternatief voor RvdR-maatregel Huissen) opgenomen en de oevergeul Boven-Rijn verwijderd.

j16_5

De j16_5 Baseline-schematisatie (baseline-rijn-j16_5-v1) is een kopie van j95_5 waarin ten opzichte van de j15_5 Baseline-schematisatie 57 nieuwe actualisatiemaatregelen (maatregel_lijst-rijn-j95_5-v1_j16_5-v1) zijn opgenomen die de beschikbare veranderingen in het gebied tussen 1995 en 2016 beschrijven. Tevens is een aantal RvdR-maatregelen opgenomen die naar verwachting eind 2016 of begin 2017 gereed zullen zijn. (Van der Wijk, 2016). Dit is inclusief de nieuwe ecotopenkartering van 2012 met een resolutie van 5x5 meter.

j17_5

De j17_5 Baseline-schematisatie (baseline-rijn-j17_5-v1) is een kopie van j95_5 waarin ten opzichte van de j16_5 Baseline-schematisatie 136 nieuwe actualisatiemaatregelen (maatregel_lijst-rijn-j95_5-v1_j17_5-v1) zijn opgenomen die de beschikbare veranderingen in het gebied tussen 1995 en 2017 beschrijven. Tevens is een aantal RvdR-maatregelen opgenomen die naar verwachting eind 2017 of begin 2018 gereed zullen zijn (Rura, 2017).

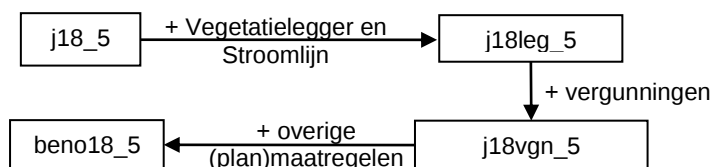
j18_5

De j18_5 Baseline-schematisatie (baseline-rijn-j18_5-v1) is een kopie van j95_5 waarin ten opzichte van de j17_5 Baseline-schematisatie 61 nieuwe actualisatiemaatregelen (maatregel_lijst-rijn-j95_5-v1_j18_5-v1) zijn opgenomen die de beschikbare veranderingen in het gebied tussen 1995 en 2018 beschrijven (RHDHV, 2018a).

Dit is de meest actuele situatie die is opgeleverd bij de oplevering van de 5e generatie Baseline-schematisaties en WAQUA-schematisaties.

beno18_5

De beno18_5 Baseline-schematisatie (baseline-rijn-beno18_5-v1) is gebaseerd op j18_5 en op de volgende manier opgebouwd (RHDHV, 2018b):



In het model zijn eerst de Vegetatielegger en Stroomlijn (as built) opgenomen. Vervolgens zijn reeds verleende vergunningen opgenomen. Tenslotte zijn nog een aantal overige (plan) maatregelen opgenomen. Voor beno18_5 worden in j18_5 in totaal 448 maatregelen ingemixt.

j19_5

De j19_5 Baseline-schematisatie (baseline-rijn-j19_5-v1) is een kopie van j18_5 waarin 40 nieuwe actualisatiemaatregelen (maatregel_lijst-rijn-j18_5-v1_j19_5-v1) zijn opgenomen die de beschikbare veranderingen in het gebied tussen 2018 en 2019 beschrijven (Avl, 2019).

WAQUA

roosterafmetingen

De WAQUA-modellen gebruiken het rooster rij40m_5-vx.rgf, waarbij 'x' een oplopend nummer is. Dit is een rooster met in het zomerbed vakken van circa 40 m lengte en maximaal 20 m breedte. Het rooster baseert zich op rij40m_42.rgf, maar is uitgebreid naar een groter gebied en bij de benedenranden aangepast om aan te sluiten bij het rooster van het 5e-generatie-model van de Rijn-Maasmonding. Daarbij zijn roosterlijnen verlegd en is het rooster verfijnd. Het kromlijnige rooster meet 740 bij 4530 roosterpunten (Alkyon, 2010).

In 2014 (j14_5, beno14_5) zijn er een aantal extra gebiedsuitbreidingen in het WAQUA-rooster doorgevoerd (Spruyt, 2014), zijnde:

- 1) aanpassing DP-rivieren dec. 2013 (rij40m_5-v2)
- 2) aanpassing DP-rivieren jan. 2014 (rij40m_5-v3)
- 3) extra rij cellen langs bakje Waddenzee bij Kornwerderzand
- 4) uitbreidingen naar aanleiding van wensen van RWS-ON

De naam van dit rooster is grid-rij40m_5-v4.

In 2015 is het rooster op één locatie uitgebreid, hetgeen heeft geleid tot grid-rij40m_5-v5 (Spruyt, 2015a).

In 2016 is het rooster op één locatie uitgebreid, hetgeen heeft geleid tot grid-rijn40m_5-v6 (Spruyt, 2016).

Voor de WAQUA-deelmodellen is de resolutie van het standaard 40 meter rooster met een factor 2 in beide richtingen verfijnd en in stukken opgedeeld. De naamgeving van de met een factor 2 verfijnde 40 meter deelroosters is gebaseerd op de deelgebieden van deze deelroosters.

resolutie

De resolutie varieert sterk. Over het algemeen is een lengte stap van 40 meter aanwezig. Vanwege de vele bochten kan dit lang niet overal gehaald worden. In de scherpe bochten op de IJssel komen cellen kleiner dan 10m voor. In het zomerbed van de rivier liggen over het algemeen 6 à 7 cellen op de Waal loopt dit op tot 10 à 15 cellen. De breedte van de cellen varieert van ongeveer 10 meter op de IJssel, in het zomerbed, tot 50 à 60 meter in de buitenbochten van de uiterwaarden.

courantgetallen

In de uiterwaarden blijven de Courantgetallen onder de 10 en voor het grootste deel onder de 5. Bij plassen is het meestal iets hoger, de Rhederlaag op de IJssel gaat tot 25. In het zomerbed loopt het Courant getal in de IJssel op tot maximaal 20. In grote delen van de Waal en Neder-Rijn en benedenstrooms op de IJssel ligt de waarde onder de 10.

schematisatie

In de WAQUA-schematisatie zijn de volgende elementen meegenomen:

- De 3 stuwen op de Neder-Rijn en Lek (Driel, Amerongen en Hagestein) zijn gemodelleerd als regelbare drempels met een afvoercoëfficiënt van 1.0. In de modellen j93_5 en j95_5 wordt gestuurd op de bovenstrooms gemeten waterstanden. In de overige modellen wordt gestuurd op het operationele stuwprogramma (Agtersloot, 2012).
- In het model zijn vele tienduizenden overlaten aanwezig.
- Op meer dan 20 locaties wordt, buiten de open randen, water onttrokken of toegevoegd aan het systeem. De zijriviertjes, beken en kanalen van de Rijntakken zijn niet fysiek geschematiseerd, maar zijn in veel gevallen geclusterd tot groepen en met behulp van onttrekkingen of zijdelingse toestromingen in het model opgenomen. Voor de Oude IJssel en het Twentekanaal zijn voor de historische periodes (1993, 1995 en 2011) metingen beschikbaar, de andere lateralen zijn afgeleid met behulp van de hulpprogrammatuur. De invloed van wind en zoutindringing worden niet meegenomen in het model. Voor de standaardafvoergolven geldt een relatie tussen de afvoer bij Lobith en die van Oude IJssel en Twentekanaal.

Er zijn voor het opbouwen van de Baseline-schematisaties meerdere databronnen gebruikt. RWS-ON heeft tevens enkele gegevens in plassen ontleend aan oudere modellen. De belangrijkste bron voor de

boven water liggende gegevens is het DTB-Rivieren aangevuld met het DTB-NAT van RWS-CIV (voorheen de Meetkundige Dienst). Voor de onderwatergegevens wordt gebruikt gemaakt van lodingen van de meetdiensten van RWS-ON, RWS-WNZ en RWS-MN (tegenwoordig ook onderdeel van RWS-CIV). Voor een gedetailleerde beschrijving van de gebruikte gegevens wordt verwezen naar Beyer (2012a), waarin uitvoerig wordt ingegaan op de verbeteringen in de Baseline schematisaties van j95_5 en j93_5 ten opzichte van de 4^e generatie schematisaties.

In de actuele modellen wordt verder gebruik gemaakt van andere databronnen zoals het AHN2. Meer informatie over de wijzigingen in de Baselineschematisaties is te vinden in de jaarlijkse rapportages.

De aanwezige vegetatie in het gebied wordt met de ecotopenkaart van RWS-CIV beschreven, waarbij gebruik is gemaakt van de 1^e herziene, 2^e herziene, 3^e en 4^e cyclus ecotopenkartering uit respectievelijk 1997, 2005, 2008 en 2012. In j95_5-v1 is de 1^e herziene ecotopenkartering (uit 1997) lokaal aangepast naar de situatie in 1995. Aanvullend is gebruik gemaakt van een in 2004 door RWS-ON uitgevoerde vegetatiekartering. In enkele gevallen is bij gebrek aan andere gegevens gebruik gemaakt van geplande vegetatie.

Regelwerk Pannerden

Vanaf het beno12_5 model is het regelwerk bij Pannerden opgenomen conform de pakkettoets 2012-I. Het Regelwerk Pannerden wordt daarbij zodanig ingesteld dat de beleidsmatige afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop wordt gehandhaafd voor een stationaire afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith. Het regelwerk is daarbij met één barriër weergegeven

In het j14_5 model is het regelwerk Pannerden ook opgenomen in het actuele model volgens de huidige operationele instelling.

Vanaf het j15_5 model is jaarlijks een vaste instelling afgeleid op basis van het verwachte gereedkomen van projecten in het komende hoogwaterseizoen.

Vanaf het beno15_5 model is het regelwerk Pannerden met 12 barrières weergegeven.

Hondsbroeksche Pleij

Vanaf het j12_5 model is het regelwerk Hondsbroeksche Pleij opgenomen volgens de huidige operationele instelling (sinds hoogwaterseizoen 2011-2012).

Veessen Wapenveld

Vanaf het beno12_5 model is het regelwerk bij Veessen Wapenveld opgenomen conform de pakkettoets 2012-I.

Vanaf het j16_5 model is het regelwerk bij Veessen Wapenveld ook in de actuele modellen opgenomen conform de pakkettoets 2015-I. In het j17_5 model is

deze geactualiseerd volgens het Inzetprotocol hoogwatergeul d.d. 20 december 2016 [RWS, 2016], aangevuld met aannames voor de onderdelen die niet zijn beschreven. Tevens is het sluiten van de inlaat opgenomen in de WAQUA-sturing.

Reevediep (Bypass Kampen)

In het beno13_5 model is de Bypass Kampen opgenomen als een onttrekking op de rivier-as. Vanaf het beno14_5 model is deze onttrekking verplaatst naar de rand van het zomerbed en de lozing op het Vossemeer als open rand toegevoegd.

Vanaf beno18_5 wordt het Reevediep (fase 2) als maatregel opgenomen in de schematisatie. Dit betekent dat een deel van van de Veluwerandmeren (ten noorden van de Reevedam), bij het Rijntakken model wordt meegenomen.

Nevengeul Lent

Vanaf het j16_5 model worden de duikers bij de inlaat van de nevengeul bij Lent meegenomen in het model. In het j19_5 model zijn de dimensies van de duikers en de drempel aangepast naar de as-built situatie.

modelkarakteristieken

Het model wordt aangestuurd op de bovenrand bij Emmerich (km 853.2) met een afvoertijdreeks (uurwaardes). Deze afvoertijdreeks is voor de kalibratie- en verificatieberekeningen door van der Veen en Agtersloot (2011) afgeleid uit de Qf-relatie voor Lobith. Op de benedenranden van Waal, Lek en Ketelmeer (bij de Ketelbrug) worden tijdseries van waterstanden opgelegd. De tijdseries zijn afgeleid van gemeten waterstanden bij de LMW-stations Werkendam (met een SOBEK-RE-model vertaald naar locatie Hardinxveld), Krimpen a/d Lek en Ramspolbrug (van der Veen & Agtersloot, 2011).

Voor berekeningen met een stationaire afvoer of een standaard afvoergolf wordt op de benedenranden een Qh-relatie opgelegd. Deze Qh-relaties zijn afgeleid met behulp van het WAQUA-model van het Rijn-Maas-Mondinggebied.

Dit model wordt alleen in 2D (WAQUA) gedraaid.

Voor het draaien van het model worden de volgende instellingen aangehouden:

- Tijdstap = 0.25 minuut.
- De horizontale eddy-viscositeit = $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$.
- THETAC = 0.6
- Ruwheid: Voor de ruwheden van het winterbed is uitgegaan van de formuleringen zoals beschreven in het handboek "Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden" (Velzen et al., 2003a en 2003b). De winterbedruwheden worden niet gevarieerd, ondanks de grote onzekerheden.
- Een aantal typen ruwheden (zoals plassen en bebouwde/verharde terreinen) worden weergegeven met een vaste k-Nikuradse waarde.
- Het grootste deel van de vegetatie (grassen, bossen, ruigtes) worden met de formulering van door- en overstroomde vegetatie weergegeven.

- De aanwezige gebouwen en de brugpijlers worden in de ruwheid opgenomen met behulp van de formulering voor gebouwen.
- In het gebied zijn vele heggen aanwezig, welke een ruwheid krijgen door de formulering voor heggen.
- De roughcombination-methode maakt het mogelijk om verschillende types ruwheden in één ruwheidscode te combineren.
- Nieuwe ruwheidscodes moeten aangevraagd worden bij RWS-WVL. Dit is belangrijk voor het versiebeheer van de ruwheidsdefinities (roughcombination-bestanden).
- De ruwheidsdefinities zijn opgesplitst in twee roughcombination-bestanden: een vast onderdeel dat voor alle Nederlandse riviergebieden geldt, en een deel dat de afvoerafhankelijke zomerbedruwheden van de Rijn bevat.
- Voor de gebruikte software versies wordt verwezen naar de eerste pagina.
- Voor de kalibratie van het WAQUA-model is gebruik gemaakt van OpenDA-versie openda_1.1_beta en het sparse dud algoritme.

Het zomerbed van de rivier wordt met de formulering van alluviale ruwheden berekend. Het zomerbed is in trajecten ingedeeld, waarbij de trajectgrenzen gevormd worden door de locatie van LMW stations. Vaste lagen hebben een vaste k-waarde, de binnenbocht heeft wel een alluviale ruwheid. Deze methode is gelijk aan de methodiek welke is gebruikt in de vorige kalibratie-ronde (4e-generatie-modellen j95_4). In de 5e-generatie-modellen verschillen echter de alpha-waardes in de hierboven genoemde formulering voor verschillende afvoerniveaus (hoog, midden en laag). Bij benadering zijn de bijbehorende topafvoeren bij Lobith (2700, 4400 en $12000 \text{ m}^3/\text{s}$).

De alpha-waardes zijn met behulp van OpenDa-software automatisch gekalibreerd voor (afvoerniveau, riviertak, doorgerekende periodes):

- laag (L), HW1995, 12-12-1994 t/m 19-12-1994;
- midden (M), HW1995, 29-12-1994 t/m 7-1-1995;
- hoog (H), HW1995, 29-1-1995 t/m 5-2-1995;

afvoerniveau	riviertak	doorgerekende periodes	
		starttijd	eindtijd
laag	Bovenrijn	13-12-1994 0:00	17-12-1994 0:00
	Waal	13-12-1994 0:00	19-12-1994 0:00
	NR-Lek	14-12-1994 11:00	17-12-1994 12:00
	IJssel	12-12-1994 0:00	19-12-1994 0:00
midden	Bovenrijn	29-12-1994 0:00	05-01-1995 0:00
	Waal	31-12-1994 0:00	06-01-1995 0:00
	NR-Lek (IJsselkop – Driel boven)	01-01-1995 14:00	04-01-1995 4:00
	NR-Lek (Driel beneden – Schoonhoven)	30-12-1994 16:00	06-01-1995 17:00
	IJssel	30-12-1994 0:00	07-01-1995 0:00
	Bovenrijn	29-01-1995 0:00	02-02-1995 0:00
hoog	Waal	29-01-1995 0:00	03-02-1995 0:00
	NR-Lek, IJssel	29-01-1995 0:00	05-02-1995 0:00

Eerst zijn de riviertakken Waal, Neder-Rijn-Lek en IJssel apart gekalibreerd. Daarbij is de gewenste afvoerverdeling opgelegd als bovenrand van de modellen (zie hiervoor Beyer 2012b). Vervolgens zijn de gekalibreerde ruwheden overgenomen in het totaalmodel en zijn de Boven-Rijn en het

Pannerdensch Kanaal gekalibreerd. Voor de verificatieberekeningen is het totaalmodel gebruikt.

Voor de verificatie van het model zijn twee periodes van in totaal 3 maanden doorgerekend met de gekalibreerde ruwheden:

- winter 1993/1994: 01-11-1993, 0:00 uur 31-01-1994, 23:00 uur: verificatie Hoog, Laag, Midden + verificatie buiten kalibratiebereik
- winter 1994/1995: 01-12-1994, 0:00 uur 28-02-1995, 23:00 uur: verificatie buiten kalibratiebereik.

Verder is het model geverifieerd op 80 overige meetlocaties (zoals peilschalen), en 135 peilschalen bij kilometerborden.

Onderstaande numerieke parameters zijn vastgelegd:

parameter	waarde	beschrijving
DPD GIVEN	-	bodemhoogte gedefinieerd in de hoekpunten van een rooster cel: $D_i, i = 1 \dots 4$
METH_DPS	MAX_DPUV	$D = \max \left\{ \frac{D_1 + D_2}{2}, \frac{D_2 + D_4}{2}, \frac{D_4 + D_3}{2}, \frac{D_3 + D_1}{2} \right\}$
tijdstap	0,25 min	
ITERCON	20	maximaal aantal iteraties voor de continuïteitsvergelijking
ITERMOM	8	maximum aantal iteraties voor de impulsbalansvergelijking
CHECKCONT	WL	convergentie criterium: verschil in
ITERACCURWL	0,0005 m	waterstanden < 0,0005 m
EDDYviscositycoeff	1,0 m ² /s	turbulentieviscositeit
THETAC	0,6	energieverlies bij overlaten = 40% van de actuele tijdstap en 60% van de voorgaande tijdstap
GROYNEs_redu	1,0	reductiefactor voor het energieverlies over kribben
OTHERS_reduc	1,0	reductiefactor voor het energieverlies over andere overlaten dan kribben

Vanaf het j15_5 en beno15_5 model is de ecotopenkartering van 2012 meegenomen. Vanwege de overgang naar een ecotopenkartering met een fijnere resolutie (van 5x5 meter in plaats van 20x20 meter) zijn de zomerbedruwheden van zowel het WAQUA- als SOBEK 3-model zodanig gekalibreerd dat voor het effect van deze trendbreuk wordt gecompenseerd (Spruyt, 2015b). Vanaf j19_5 is de ecotopenkartering van 2017 meegenomen.

nauwkeurigheid

Het model is gekalibreerd op waterstanden en op de afvoerdeling tussen de riviertakken. Op basis van afvoermeegegevens, WAQUA-resultaten en officieel vastgestelde afvoerdelingen zijn voor de takken op de splitsingspunten afvoerreeksen samengesteld (Beyer, 2012b). De afvoerdeling tussen zomer- en winterbed is niet bekeken. De kalibratieresultaten zijn voor alle afvoerbereiken zeer goed. De enige duidelijke uitzondering hierop is het resultaat in het station IJsselkop in het middelste afvoerbereik. Het model berekent hier ruim 30 cm te hoge waterstanden, ondanks een bijzonder lage ruwheid op het bovenstroomse stuk van de IJssel. De reden hiervoor is niet duidelijk. Een lagere waarde voor de turbulentieviscositeit zou helpen, maar is niet toegepast om de instellingen voor alle Rijntakken en alle 5^e generatie modellen gelijk te kunnen houden.

Het verloop van de ruwheden langs de rivier en op de meetstations als functie van de afvoer is niet overal zoals

verwacht. Dat betekent dat er nog onzekerheden en modelfouten in de zomerbedruwheden gecompenseerd worden. Dit is bijvoorbeeld het geval bij station Driel boven, waar een bijzonder hoge waarde voor ruwheidsparement α is gevonden (overigens is dit het traject waar de stuw in ligt). Ook de Neder-Rijn tussen Driel en Culemborg heeft een hoge ruwheid.

De tijdstap hoeft in het Rijntakkenmodel niet verkleind te worden. Details zijn te vinden in de rapportage (Becker, 2012), hieronder staat de tabel met de resultaten van de kalibratie en validatie. Bijlagen zijn onderdeel van Becker (2012).

GOF-criterium	Kalibratie			verificatie					4e gen. plek +/- 24 uur (1993)
	laag	midden	hoog	laag (1995)	laag (1993)	midden (1995)	midden (1993)	hoog (1995)	
gemiddeld GV (m)	0,0012	0,0305 (0,0005)	-0,0008	0,0054	-0,0312	-0,0189	-0,0065	0,0007	-0,048
gemiddeld GAV (m)	0,0207	0,0523 (0,0523)	0,0176	0,0397	0,0495	0,0732	0,0761	0,0192	0,061
Bijlage met gedetailleerde resultaten	B.2	B.3	B.4	C.3.7					-

In De Jong en Visser (2014) is een verificatie uitgevoerd op het hoogwater van 2011 met behulp van het j11_5-v2 model. Over de volledige 3 maanden periode is het gemiddeld GV over alle stations gelijk aan 0,0 cm en het gemiddeld GAV 12,0 cm. Ook nu is een overschatting van de waterstand op het bovenstroomse deel van de IJssel te zien. Verder valt op dat op de Boven-Rijn de waterstanden te hoog zijn en op de Waal te laag ten opzichte van de metingen. Bij een vergelijking van de debietmetingen is te zien dat deze goed benaderd worden.

deelmodellen

Het standaard beno WAQUA-model is gebaseerd op een rekenrooster van 40 meter. Om maatregelen beter te representeren is echter een fijner rooster noodzakelijk. Daarom zijn er aparte deelmodellen geconstrueerd waarin het rekenrooster met een factor twee is verijnd. Deze worden gemaakt voor elk van de Rijntakken en het gebied van de splitsingspunten. Dit zorgt ervoor dat er gestandaardiseerde modellen beschikbaar zijn met de gewenste mate van detail en een acceptabele rekentijd.

De deelmodellen beginnen bij Emmerich aan de Boven-Rijn en beslaan de hierna genoemde gebieden:

- Het *Splitsingspunten model* beslaat het gebied van Emmerich tot Beneden-Leeuwen (rkm 910,5) op de Waal; tot aan het benedenstroomse deel van het Natura-gebied "de Blauwe Kamer" in de Neder-Rijn (rkm 908,5) en ongeveer 2 km bovenstrooms van Cortenoever in de IJssel (rkm 915,3).
- Het *Waalmodel* strekt zich uit van Emmerich tot Hardinxveld in de Waal, inclusief 1,8 km van het Pannerdensch Kanaal (rkm 872,4).
- Het *Neder-Rijn / Lek model* strekt zich uit van Emmerich tot Krimpen aan de Lek in de Lek, tot bovenstrooms de Ooijpolder (rkm 876,7) in de Waal en tot Velp (rkm 884,8) in de IJssel.

- Het *IJsselmodel* strekt zich uit van Emmerich tot de Ketelbrug in het Ketelmeer, tot bovenstrooms de Ooijpolder (rkm 876,7) in de Waal en tot aan rkm 882,5 in de Neder-Rijn.

De volgende instellingen zijn aangepast ten opzichte van het standaard model:

- Tijdstap = 0.10 minuut
- TICVAL = 0.10 minuut
- TIROUC = 0.10 minuut
- THETAC = 0.95

Vanaf de beno18-deelmodellen wordt gerekend met een tijdstap van 0.05 minuut voor het splitsingspuntenmodel. Hierop zijn ook de waarden van TICVAL en TIROUC aangepast. Voor de takmodellen is de standaard 0.1 minuut, maar is invoer beschikbaar voor 0.05 minuut voor het geval er zich in het projectgebied een hinderlijke instabiliteit bevindt.

Voor alle deelmodellen geldt een bovenrand bij Emmerich. Op deze bovenrand worden stationaire afvoeren opgelegd. Bij de benedenstroomse modelranden bij Hardinxveld, Krimpen a/d Lek en Ketelbrug worden dezelfde QH-relaties gebruikt als in het standaard 'grove' model.

De QH-relaties voor de benedenstroomse modelranden van het Splitsingspuntenmodel zijn ontleend aan de stationaire berekeningen met het standaard 'grove' model. In de deelmodellen voor Waal, Neder-Rijn / Lek en IJssel wordt de onttrekking voor de "ontbrekende" tak ontleend aan het Splitsingspuntenmodel, waarbij voor 16.000 m³/s gecorrigeerd wordt met een factor om aan de BAV te voldoen.

Om er voor te zorgen dat er met slechts één stabiele oplossing wordt gewerkt is er voor gekozen om voor stuw Driel voor de lage afvoerniveaus de instellingen af te leiden uit het splitsingspuntenmodel en deze instelling te fixeren in het deelmodel voor Neder-Rijn en Lek. Vanaf beno18_5 worden de stuwen bij Amerongen en Hagestein in het Neder-Rijn/Lek model ook vastgezet. Dit geldt tevens voor regelwerk Pannerden en Hondsbroeksche Pleij (zoals ook in het totaalmodel wordt gedaan).

De deelmodellen zijn voor de volgende stationaire afvoeren beschikbaar: 600, 1.020, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000, 10.000, 16.000 en 18.000 m³/s Lobith.

Voor 18.000 m³/s Lobith zijn afwijkende keuzes gemaakt over de instelling van de regelwerken dan in de standaard beno-modellen. Vanaf beno18_5 wordt deze afvoer niet meer meegenomen.

Er zijn deelmodellen beschikbaar voor beno13_5 (Zagonjoli, 2014, niet voor uitlevering), beno15_5-v1 (AHA, 2015), beno15_5-v2 (AHA, 2016) en beno18_5-v1 (RHDHV, 2018b).

partitionering

De resultaten van het Rijntakken model kunnen veranderen als de gekozen partitionering verkeerd uitvalt. In [Van der Wijk, 2017] is vastgesteld dat een

automatische partitionering met 4, 8 of 12 partities tot een goede verdeling leidt en daarom kan worden toegepast.

SOBEK 3

resolutie

De knopen-takken structuur van de SOBEK 3-schematisatie is gebaseerd op de ligging van de rivieras in baseline-rijn-j95_5-v1, waarbij de (x,y)-coördinaten (in Rijksdriehoek) van de knopen zijn afgerond op hele meters. De locaties van de knopen zijn gebaseerd op een inschatting van toekomstig gebruik van het model in het Landelijk Sobek Model (LSM), en verwachte toekomstige uitbreidingen. Het model loopt van Lobith, tot Hardinxveld op de Boven-Merwede, tot Krimpen aan de Lek op de Lek en tot aan het Keteldiep. Daarnaast is ook het Betuwepand van het Amsterdam-Rijn-kanaal opgenomen.

Het rekenrooster heeft een afstand van ongeveer 500 meter. Bij kunstwerken wordt gewerkt met afstanden van 10 meter aan beide zijden van de kunstwerken.

schematisatie

De dwarsprofielen en winterbedruwheden van de takken zijn gebaseerd op de overeenkomstige Baseline- en WAQUA-schematisaties door middel van de vertaling naar SOBEK-profielen en winterbedruwheden via het programma WAQ2PROF. Uitzondering is het Amsterdam-Rijnkanaal. Hiervan zijn de profielen overgenomen uit het j10_4 model.

In de schematisatie zijn verder de volgende elementen meegenomen:

- De 3 stuwen op de Neder-Rijn (Driel, Amerongen, Hagestein) zijn met een 'compound structure' beschreven, bestaande uit 2x 'simple weir' en 1x 'gated weir' (omloopriool).
- Er is één retentiegebied meegenomen, de Wilpse Kleipolder.
- In totaal zijn er 3 sluizen meegenomen: de in-en uitlaat kunstwerken Wilpse Kleipolder (t.b.v. het retentiegebied) en de twee sluizen van het Amsterdam-Rijnkanaal (Betuwepand). Vanaf het j17_5-v2 model zijn de dimensies en de sturing van deze laatste twee enigszins aangepast.
- Op 20 locaties wordt, buiten de open randen, water onttrokken of toegevoegd aan het systeem.
- Er zijn 3 extra ruwheden geplaatst: bij de spoorbrug bij Oosterbeek, de brug bij Doesburg en bij de vernauwing bij Deventer.
- De vaste lagen bij Nijmegen en Sint Andries en de bodemkribben bij Erlecom (deze laatste twee zijn niet aanwezig in de modellen j95_5 en j93_5). Vanaf het j17_5-v2 model zijn de ruwheden van 2 trajecten hier verbeterd, omdat ze eerst waren omgedraaid.
- In het j15_5 model wordt de nevengeul bij Lent als kortsluiting geschematiseerd.
- Vanaf het j16_5 model wordt de nevengeul bij Lent in het profiel meegenomen (de duikers zijn dan in WAQUA opgenomen) en is een extra tak

toegevoegd voor de schematisatie van Veessen-Wapenveld (inclusief sturing).

modelkarakteristieken

De randen van het model zijn per definitie h-punten. Een afvoerrandvoorwaarde wordt hierdoor niet daadwerkelijk op de rand opgelegd, maar op het eerst volgende u-punt. Hierdoor wordt op het eerste h-punt geen waterstand berekend. Om deze reden is besloten de randvoorwaarde in het SOBEK-model niet op te leggen bij Lobith, maar een vaklengte bovenstreams van Lobith. Zowel de taknaam als de puntnaam zijn 'BovenLobith'. Verder is de aansturing hetzelfde als in het WAQUA-model.

Hieronder volgt alleen een weergave van de instellingen en resultaten uit de meest recente kalibratie voor SOBEK 3.4.1 en 3.7.9 (Spruyt, 2016b; Visser, 2018).

Voor de kalibratie is gebruik gemaakt van extra ruwheidstrajecten t.o.v. het WAQUA model vanwege nieuw beschikbare meetpunten (behalve voor 'hoog'). Ook worden dezelfde afvoerniveaus gebruikt, aangevuld met een 'extreem hoog' bereik, die op WAQUA-resultaten wordt gekalibreerd. Daarnaast wordt de afvoerverdeling extra afgeregeld op het bereik 'extreem laag' en is vanaf j17_5-v2 voor dit niveau apart gekalibreerd.

Eerst zijn de riviertakken Waal, Neder-Rijn-Lek, IJssel en Boven-Rijn & Pannerdensch kanaal apart gekalibreerd. Daarbij is de gewenste afvoerverdeling opgelegd als bovenrand van de modellen. Vervolgens zijn de gekalibreerde ruwheden overgenomen in het totaalmodel en is de afvoerverdeling afgeregeld. Voor de verificatieberekeningen is het totaalmodel gebruikt.

Voor het draaien van het model worden de volgende instellingen aangehouden:

parameter	waarde	beschrijving
limtyphu1D	1	De waterstand op een snelheidspunt wordt upwind gepakt. Dit schema is stabiel dan de waarde 2 die tot nu toe in SOBEK Rijn en SOBEK Maas is gebruikt.
iadvec1D	2	Moment- en energiebehoud wordt gewogen gemiddeld bij vernauwing en verbreding.
MomDilution1D	1	Advectie controle Volume gebaseerd op gehele oppervlakte.
TransitionheightSD	0.75 m	De hoogte waarover het volume achter de zomerrijken beschikbaar komt bij een stijgende waterspiegel
Timestep	10 min	Maximale tijdstap
Interpolation	Linear	Als een observatiepunt niet op een rekenpunt ligt, moet er geïnterpoleerd worden. Bij default staat deze parameter op 'Nearest', dan wordt er niet geïnterpoleerd, maar wordt de waarde van het dichtbijzijnde rekenpunt gegeven. Met 'Linear' wordt lineair geïnterpoleerd.

De Manning-waarden zijn met behulp van OpenDA-software automatisch gekalibreerd voor (afvoerniveau, kalibratie, doorgerekende periodes):

- extreem laag (EL), LW2011, 3-11-2011 t/m 14-11-2011 (vanaf sobek-rijn-j17_5-v2)
- laag (L), HW2011, 1-11-2010 t/m 31-1-2011;
- midden (M), HW2011, 1-11-2010 t/m 31-1-2011;
- hoog (H), HW1995, 30-1-1995 t/m 4-2-1995;
- extreem hoog (EH), extreme afvoergolf WAQUA-j15_5-v1 (16.000 m³/s bij Lobith)

Hierbij zijn de afvoerniveaus gebruikt zoals gegeven in onderstaande tabel.

Traject	EL	L	M	H	EH
Boven-Rijn	1000	2700	4450	11.800	16.000
Waal	800	1850	3000	7450	9925
Pannerdensch Kanaal	200	850	1400	4250	6075
Neder-Rijn/Lek					
IJsselskop - Hagesteinboven	25	475	850	2500	3440
Hagesteinbeneden	25	250	850	2500	3440
Schoonhoven	25	175	350	2400	3440
IJssel					
IJsselskop	175	370	625	1755	2640
Doesburgbrug	177	400	675	1815	2720
Olst - Kampenbovenhaven	180	430	730	1860	2830

Voor EL is een handmatige kalibratie uitgevoerd op het hele model.

De verificatie is gedaan voor (doorgerekende periodes, afvoerbereik):

- winter 1993/1994 (1-11-1993 t/m 31-1-1994), L,M;
- winter 1994/1995 (1-12-1994 t/m 28-2-1995), L,M,H;
- winter 2010/2011 (1-11-2010 t/m 31-1-2011), L,M;
- winter 2013/2014 (1-12-2013 t/m 31-1-2014), L;
- najaar 2011 (1-10-2011 t/m 10-12-2011), EL

De actuele sturing van de stuwen vindt plaats met een PID controller. De coëfficiënten van deze controller zijn voor alle stuwen gelijk gezet op $K_D=4$, $K_I=0$ en $K_P=0.5$. Vanaf SOBEK 3.7.9 is de implementatie van de PID-controller aangepast. De coëfficiënten zijn dan $K_D=-1000$, $K_I=0.01$ en $K_P=4.0$.

nauwkeurigheid

De onderstaande tabellen geven een indruk van de nauwkeurigheid van de modellen voor de kalibratie- en verificatiesituaties. Details zijn te vinden in de rapportage (Spruyt, 2016b en Visser, 2018). De eerste tabel geeft de resultaten voor de waterstanden en de tweede tabel de resultaten voor de afvoerverdeling weer. De resultaten zijn over het algemeen vergelijkbaar met de vorige kalibratie. Het verloop van de afvoer voor en na de piek van 1995 is flink verbeterd. Daarnaast is vanaf sobek-j17_5-v2 een extra kalibratieniveau toegevoegd voor extreem laag (EL) en een aantal andere verbeteringen doorgevoerd. De aanpassingen in dit model hebben er echter voor gezorgd dat de resultaten voor de andere niveaus iets is verslechterd, omdat de afvoerverdeling hierdoor enigszins is veranderd.

Kalibratie Waterstanden					
Criterium	EL (2011)	Laag (2011)	Midden (2011)	Hoog (1995)	EH (j15*)
Bias (m)	0.0	-0.001	0.000	0.000	0.000
RMSE (m)	0.014	0.049	0.067	0.030	0.001
Stdv (m)		0.049	0.068	0.030	0.000
Verificatie Waterstanden (afvoerniveau)					
Criterium	EL (2011)	Laag (1993)	Laag (1995)	Laag (2011)	Laag (2013)
Bias (m)	0.015	0.034	0.028	0.017	0.044

RMSE (m)	0.025	0.104	0.089	0.044	0.064
Stdv (m)		0.042	0.041	0.037	0.031
Verificatie Waterstanden (afvoerniveau)					
Criterium	Midden (1993)	Midden (1995)	Midden (2011)	Hoog (1995)	
Bias (m)	0.055	0.020	-0.002	0.008	
RMSE (m)	0.101	0.100	0.060	0.041	
Stdv (m)	0.048	0.057	0.057	0.038	
Verificatie Waterstanden (totale periode)					
Criterium	1993	1995	2011	2013	
Bias (m)	0.046	0.027	0.017	0.053	
RMSE (m)	0.135	0.111	0.092	0.078	
Stdv (m)	0.102	0.088	0.085	0.043	

* = kalibratie/verificatie op WAQUA resultaten

Kalibratie Afvoer – GV (m³/s)					
Tak	EL	Laag (2011)	Midden (2011)	Hoog (1995)	EH (j15)*
Waal	-3.2	-1.9	3.6	0.9	-3.8
Pan. Kanaal	4.6	0.2	-2.2	-3.2	-1.5
Nederrijn	5.9	3.8	9.8	4.3	1.0
IJssel	-0.5	6.5	1.8	1.4	-0.6
Verificatie Afvoer (afvoerniveau)					
Criterium	EL	Laag (1993)	Laag (1995)	Laag (2011)	
Bias (m)	3.5	-14.5	0.6	1.6	
RMSE (m)	7.3	17.5	11.1	15.1	
Stdv (m)		7.2	8.6	14.7	
Verificatie Afvoer (afvoerniveau)					
Criterium	Midden (1993)	Midden (1995)	Midden (2011)	Hoog (1995)	
Bias (m)	1.0	6.2	2.8	-0.4	
RMSE (m)	29.4	28.1	35.7	22.8	
Stdv (m)	16.9	16.0	35.6	22.3	
Verificatie Afvoer (totale periode)					
Criterium	1993	1995	2011		
Bias (m)	-7.1	2.4	-0.5		
RMSE (m)	50.4	30.2	26.1		
Stdv (m)	45.2	29.3	25.9		

De waterstanden rond de piek van 2011 worden niet goed berekend (maar wel beter dan in de vorige kalibratie). Mogelijke oorzaak hiervan is dat het debiet van deze piek tussen de bereiken *midden* en *hoog* in ligt. Daarnaast is het bereik hoog gekalibreerd op 1995, wat mogelijk niet meer voldoet voor 2011.

Verder werden de waterstanden bij lage afvoeren (1.400 – 2.100 m³/s) overschat. Dit werd veroorzaakt doordat het model niet gekalibreerd was voor dergelijke lage afvoeren en de gebruikte Qf-relatie bij Lobith de afvoer bij lage waterstanden overschat. Daarnaast spelen onzekerheden in laterale toevoeren en kleine fouten in de afvoerverdeling een grotere rol bij lage afvoeren. Verder zorgt de overstap van Chézy naar Manning voor een verdere overschatting. Deze problemen zijn grotendeels opgelost vanaf sobek-j17_5-v2 waarbij een extra kalibratieniveau voor extreem laag is toegevoegd.

SOBEK 3-modellen

De volgende SOBEK 3-modellen zijn beschikbaar:

- sobek-rijn-j93_5-v4
- sobek-rijn-j95_5-v4
- sobek-rijn-j11_5-v3
- sobek-rijn-j13_5-v4
- sobek-rijn-j14_5-v2
- sobek-rijn-j15_5-v2
- sobek-rijn-j16_5-v1
- sobek-rijn-j17_5-v1

- sobek-rijn-j17_5-v2
- sobek-rijn-j17_5-v3 (alleen nieuwe SOBEK3-versie)
- sobek-rijn-j19_5-v1

literatuur

1. Hartsuiker, G. (2010): Aanpassingen aan roosters riviermodellen, Alkyon, A2437R2r1, mei 2010.
2. Beyer, D. (2012a): Rijn-modellen 5de generatie. Memo van RWS Oost-Nederland van 28 september 2012.
3. Becker, A. (2012): Rijn-modellen 5de generatie - Modelopzet, kalibratie en verificatie. Deltares, 1205994-000-ZWS-0007 & 1205994-000-ZWS-0012 - bijlagen, november 2012.
4. RoyalHaskoningDHV (2012): Rapportage nieuwe Baseline- en WAQUA schematisaties Rijntakken 2012, Royal Haskoning-DHV, 9X3639.A0, 23 juli 2012.
5. Veen, R. van der en R. Agtersloot (2011): Aanmaken modelrandvoorwaarden Rijn en Maas t.b.v. WT12011. Beschrijving werkzaamheden en resultaten simulaties. 23-03-2011.
6. Velzen, E.H. van, P. Jesse, P. Cornelissen en H. Coops (2003a): Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden, Deel 1, RIZA rapport 2003.028. ISBN 9036956420, Arnhem, november 2003.
7. Velzen, E.H. van, P. Jesse, P. Cornelissen en H. Coops (2003b): Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden, Deel 2, RIZA rapport 2003.029. ISBN 9036956439, Arnhem, november 2003.
8. Beyer, D. (2012b): Werkwijze bepaling afvoerreeksen op de takken j95_5. Memo RWS oost-Nederland. 26 oktober 2012.
9. Beyer, D. (2012c): Afleiding stationaire lateralen Rijntakken. Memo RWS oost-Nederland. 9 juli 2012.
10. Agtersloot, R., (2012): Implementatie stuwprogramma 2005/2006 Nederrijn-Lek in WAQUA. Agtersloot Hydraulisch Advies en Rura-Arnhem. P0040.9. 17 mei 2012.
11. RoyalHaskoningDHV (2013): Baseline- en WAQUA-schematisaties Rijntakken 2013. RoyalHaskoning DHV, Rapportnummer BC3784-101-100, 6 september 2013.
12. Zagonjolli, M. (2014): 5th Generation WAQUA Subdomain Models of Rijntakken. Deltares rapport 1209449-003-ZWS-0027.
13. Spruyt, A. (2014): Aanpassing rooster Rijntakken. Deltares-memo 1209449-010-ZWS-0015, 8 april 2014.

14. RoyalHaskoningDHV (2014): Baseline- en WAQUA-schematisaties Rijntakken 2014. RoyalHaskoning DHV, Rapportnummer BD1443-101-100, 4 september 2014.

15. Berends, K. (2014a), Rijn-modellen 5e generatie Bouw, kalibratie en verificatie van SOBEK 3.2 modellen voor de Rijntakken, Deltares, 1209449-003 (concept), 9 juli 2014

16. Berends, K.B. (2014b): Aanpassing van sobek-rijn-j14_5-v1 naar sobek-rijn-j14_5-v2: RWSoS en nieuwe sturingsmodellen. Deltares-memo 1209449-003-ZWS-0016, 18 augustus 2014.

17. De Jong, J.S. en Visser, T. (2014) Verificatie hoogwater 2011 Rijntakken. Deltares rapport 1209449-003-ZWS-0009.

18. Rura (2014): Actueel SOBEK-model FEWS 2014 JAMR2014. Rura-AHA-Acima-rapport P140507R, 15 augustus 2014.

19. Spruyt, A. (2015a): Aanpassing rooster Rijntakken. Deltares-memo 1220072-003-ZWS-0017, 18 maart 2015.

20. Spruyt, A. (2015b): Nieuwe ecotopenkartering Rijntakken – Kalibratie en vershilanalyse, Deltares rapport 1220072-003-ZWS-0035.

21. Rura (2015a): Jaarlijkse Actualisatie Modellen Rijntakken 2015 – Deel1: Actuele WAQUA- en SOBEK-schematisaties. Rura-AHA-Acima-rapport P150313R, 10 juli 2015.

22. Rura (2015b): Jaarlijkse Actualisatie Modellen Rijntakken 2015 – Deel2: Werkzaamheden BenO-model. Rura-AHA-Acima-rapport P150313R, 30 oktober 2015.

23. AHA (2015): Jaarlijkse actualisatie Modellen Rijntakken 2015 - Deelmodellen. Rura-AHA-Acima-rapport P0040.18, 31 december 2015.

24. Wijk, R. van der (2016): Jaarlijkse Actualisatie Modellen Rijntakken 2016. Deltares rapport 1230071-003-ZWS-0022.

25. Rura (2016): Actualisatie SOBEK3-Model Rijntakken 2016. Rura-AHA-Acima-rapport P150313R.

26. Spruyt (2016a): Aanpassing rooster Rijntakken rij40m_5-v6. Deltares memo 1230071-003-ZWS-0018 d.d. 8 maart 2016.

27. Spruyt, A. (2016b): Herkalibratie SOBEK 3-model Rijntakken – kalibratie en validatie in SOBEK 3.4, Deltares rapport 1230071-003-ZWS-0013-v1

28. AHA (2016): Deelmodellen Rijntakken – versie 2. Rura-AHA-Acima-rapport P0040.20, 15 september 2016.

29. RWS (2016): Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld. Inzetprotocol hoogwatergeul. 20 december 2016, Concept versie 1.0.

30. Wijk R. van der (2017): Vaste partitionering WAQUA model Rijntakken, Deltares memo 11200569-004-ZWS-0004, april 2017.

31. Rura (2017): Jaarlijkse Actualisatie Modellen Rijntakken. Rura-AHA-Acima-rapport P170217R

32. RHDHV (2018a): Jaarlijkse actualisatie Rijntakken model 2018. RHDHV-rapport BF9483WATRP1807021634

33. Visser, T. (2018): Verbeteringen SOBEK3-model Rijntakken. Deltares rapport 11202220-004-ZWS-0027.

32. RHDHV (2018b): Jaarlijkse actualisatie Rijntakken model – vergunningenmodel beno18_5. RHDHV-rapport BF9483WATRP1807021634

33. Avl (2019): Jaarlijkse Actualisatie Modellen Rijntakken 2019. Riquet-Rura-AHA-Acima-rapport P0040.22.

overige opmerkingen

Geen.

randvoorwaarden

Binnen de kalibratie, verificatie en actualisatie wordt gebruik gemaakt van verschillende sets randvoorwaarden. Wanneer deze randvoorwaarden zijn gebruikt bij de opzet van het aangevraagde model dan worden deze randvoorwaarden standaard meegeleverd met dit model. Desgewenst kunnen randvoorwaarden uit een andere schematisatie aangevraagd worden. Hierbij zijn in sommige gevallen handmatige aanpassingen nodig bij gebruik binnen een andere schematisatie.

Dit betreft onder meer:

- Fictieve afvoergolven ten behoeve van actualisatie, zowel stationair (600, 1020, 2000, 4000, 6000, 8000, 10.000 12.000, 16.000 en 18.000 m³/s bij Lobith) als dynamisch (6000, 8000, 10.000 12.000, 16.000 m³/s bij Lobith).
- Historische afvoergolven ten behoeve van kalibratie, verificatie en kwaliteitsborging (diverse perioden).

maatregelpakketten

Voor de schematisaties zijn de volgende pakketten van maatregelen beschikbaar:

maatregel_lijst-rijn-j95_5-j93_5-v1
 maatregel_lijst-rijn-j95_5-j12_5-v1
 maatregel_lijst-rijn-j95_5-j12veg97_5-v1
 maatregel_lijst-rijn-vgn12_5-v1
 maatregel_lijst-rijn-hsao12_5-v1
 maatregel_lijst-rijn-rvdr12_5-v1
 maatregel_lijst-rijn-j95_5-v1_j13_5-v1
 maatregel_lijst-rijn-j95_5-v1_j13veg97_5-v1
 maatregel_lijst-rijn-j13veg97-v1_j13veg97vgn13_5-v1
 maatregel_lijst-rijn-j13veg97vgn13_5-v1_hsao13_5-v1
 maatregel_lijst-rijn-hsao13_5-v1_beno13_5-v1

maatregel_lijt-rijn-j95_5-v1_j11_5-v2
 maatregel_lijt-rijn-j95_5-v1_j14_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-j95_5-v1_j14veg97_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-j14veg97-v1_j14veg97vgn14_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-j14veg97vgn14_5-v1_hsa014_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-hsa014_5-v1_beno14_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-beno14_5-v1_beno14_5-v2
 maatregel_lijt-rijn-j95_5-v1_j15_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-j15_5-v1_j15leg_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-j15leg-v1_j15vgn_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-j15vgn_5-v1_hsa015_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-hsa015_5-v1_beno15_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-j95_5-v1_j16_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-beno15_5-v1_beno15_5-v2
 maatregel_lijt-rijn-j95_5-v1_j17_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-j95_5-v1_j18_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-j18_5-v1_j18leg_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-j18leg-v1_j18vgn_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-j18vgn_5-v1_beno18_5-v1
 maatregel_lijt-rijn-j18_5-v1_j19_5-v1

DISCLAIMER:

De schematisaties zijn opgezet en gekalibreerd met de eerder genoemde softwareversies. Hierbij waren de software versies nog in ontwikkeling en is dus niet gebruik gemaakt van een officiële software-release. Voor uitlevering van de schematisaties wordt gebruik gemaakt van officiële software-releases van Baseline, SIMONA en SOBEK 3. De resultaten van de kalibratie-som kunnen hierdoor enigszins afwijken van hetgeen is vastgelegd in de rapportage over de modelopzet en de kalibratie. Overige verschillen kunnen veroorzaakt worden door het gebruik van andere hardware.

Hoewel de informatie in dit document met de nodige zorgvuldigheid is samengesteld, aanvaarden RWS en Deltares geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onnauwkeurigheden daarin of het gebruik ervan door derden. Deltares en RWS behouden zich het recht voor om de inhoud van dit document te allen tijde zonder nadere aankondiging te wijzigen.



Rijkswaterstaat
 Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Rijkswaterstaat
 Postbus 2232
 3500 GE Utrecht



Deltares
 Postbus 177
 2600 MH Delft